



Optiske mikro-robotter

Glückstad, Jesper; Villangca, Mark Jayson; Palima, Darwin; Bañas, Andrew Rafael

Published in:
Et univers af lys

Publication date:
2016

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Glückstad, J., Villangca, M. J., Palima, D., & Bañas, A. R. (2016). Optiske mikro-robotter. In *Et univers af lys* (pp. 28-31). DTU Fotonik.

General rights

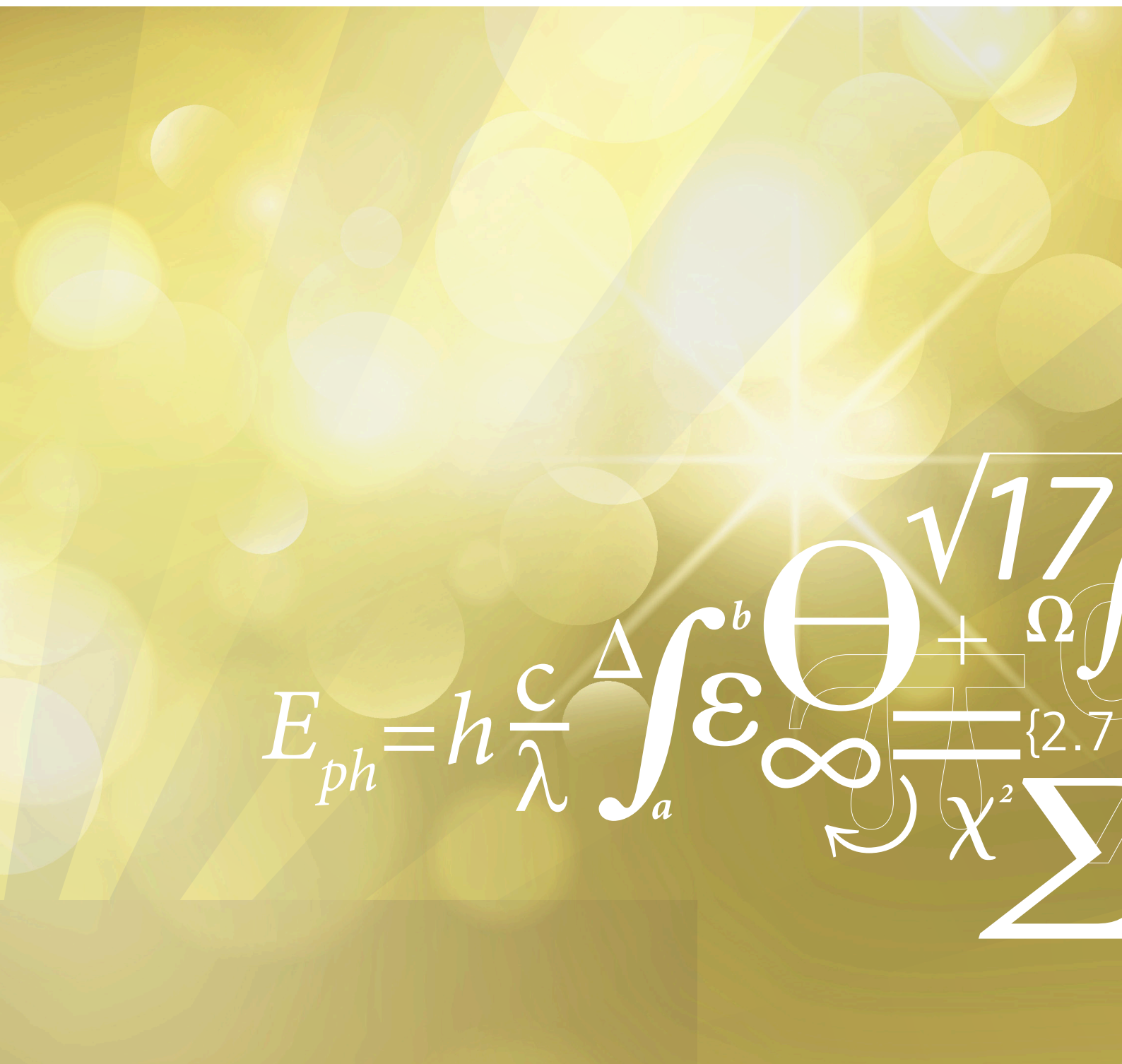
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

DTU fotonik

Et univers af lys


$$E_{ph} = h \frac{c}{\lambda} \Delta \int_a^b \epsilon \Theta_{\infty}^{\sqrt{17}} + \Omega \{2.7\} \chi^2 \Sigma$$

Optiske mikro-robotter

≡ JESPER GLÜCKSTAD*, MARK VILLANGCA*, DARWIN PALIMA* OG ANDREW BANAS*

Programmerbar faseoptik, *DTU Fotonik, *OptoRobotix ApS

Synergien mellem fotonik, nanoteknologi og bioteknologi peger i retning af helt nye forsknings-gennembrud inden for nano-bioteknologi og nano-biofotonik. Fotoniske nyskabelser har allerede været med til at overvinde den naturlige diffraktionsgrænse for afbildning med ikke bare mikroskopisk, men med helt ned til nanoskopisk opløsning. Dette gennembrud blev fejret med Nobelprisen i kemi i 2014. Nye videnskabelige landvindinger kræver dog værktøjer, der ikke kun tillader passiv observation af nanoskopiske fænomener, men også tillader forskere at "række ind" og direkte manipulere og interagere med bestanddelene i dette nanoskalaområde. Vi arbejder på DTU Fotonik lige nu med en helt ny teknologiplatform, der i fremtiden skal kunne adressere dette ved hjælp af såkaldte optiske mikrorobotter. Det er vores målsætning, at disse nye mikroskopiske robotter vil kunne hjælpe med at cementere forskningen og innovationen i Danmark som en af de førende inden for rumlig og tidslig lysstof vekselvirkning på de mindste biologiske skalaer.

Biologi på nanoskalaniveau er lidt som en minedrifts-ekspedition, hvor forskere er på jagt efter uvurderlige videnskabelige ædelstene, og er indtil for nylig blevet betragtet som noget, der næsten kun kan forekomme i en science fiction verden. Som ved enhver minedriftsmission afhænger kvaliteten af det, der kan findes og udgraves, og af kvaliteten af de tilgængelige værktøjer, som er til rådighed. Avanceret optisk nanoskala mikroskopi – nu navngivet optisk *nanoskopi* i forbindelse med Nobelprisen i kemi i 2014 – kan allerede i dag overgå den klassiske diffraktionsgrænse og tilvejebringe nanoskopisk billeddannelse med en punkt-for-punkt opløsning ned til nogle ganske få nanometer.

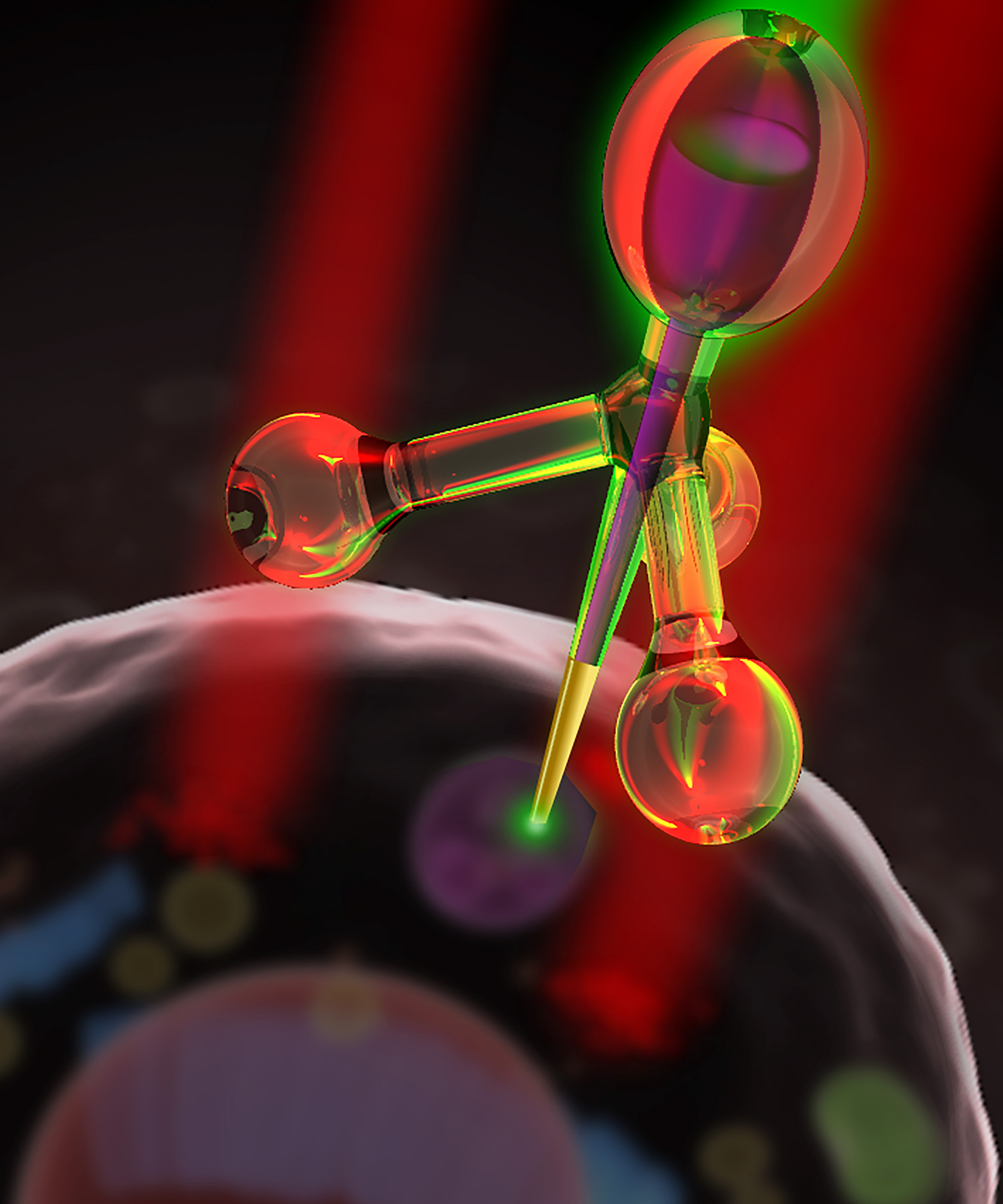
Tilsvarende er det i dag muligt ved hjælp af lys fra ultrahurtigt pulsedede lasere at 3D-printe nanoskopiske polymer-strukturer med en punkt-for-punkt opløsning ned til under 25 nanometer. Processen, der gør dette muligt, er kendt som to-foton mikro- eller nanofabrikation og er baseret på en snedig kombination af teknikker fra foromtalt nanoskopi og såkaldte ulineære optiske effekter i lysfølsomme polymer-materialer.

En tredje videnskabelig "ingrediens" på vejen mod de futuristiske "mineekspeditioner" på nanoskalaniveau er den fascinerende evne, fokuseret laserlys har til at kunne

indfange, fastholde og manipulere mikroskopisk små objekter og celler. Den amerikanske fysiker Arthur Ashkin viste ved et banebrydende eksperiment ved Bell Labs i midten af 80'erne, at stærkt fokuseret laserlys er i stand til at udveksle kræfter med små lysbrydende partikler og nærmest på næsten magisk vis få partiklerne til at søge hen mod laserstrålens fokus og derefter svæve stabilt omkring dette fokuspunkt. I biologiske forsøg foregår dette bedst i en vandig opløsning, hvor celler og andre mikroorganismer kan trives og forblive i live i et relativt naturligt miljø. Ashkins studerende, Steven Chu, videreførte dette arbejde og raffinerede det til et niveau, så selv atomer kan indfanges og lasermanipuleres, og det gav ham Nobelprisen i fysik i 1997.

Kombineres alle disse fantastiske videnskabelige gennembrud i arbejdet med lys, kan vi lægge grundstenen til de fleste af de funktionaliteter, der kræves for at udvikle funktionelle optiske mikrorobotter. Et grafisk eksempel på simpelt opbyggede og 3D-printede optiske mikrorobotter er illustreret i figur 1 på side 36.

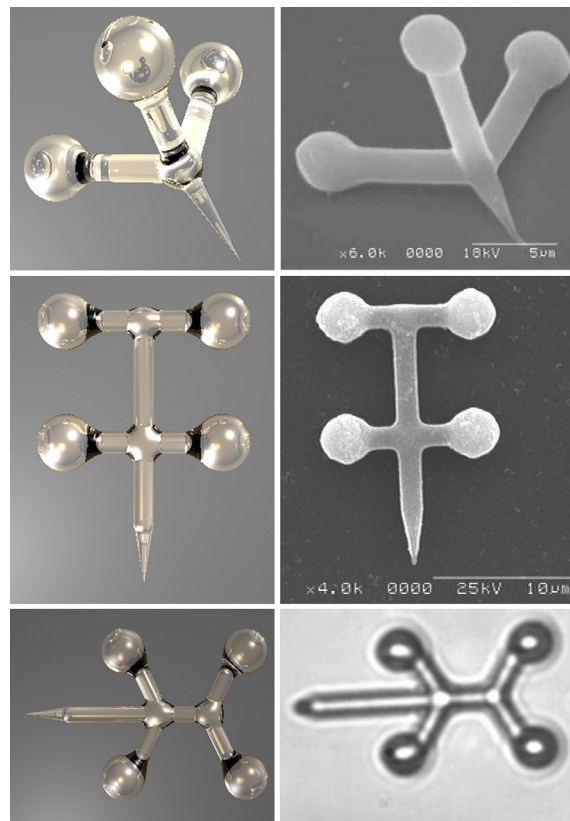
Ved hjælp af to-foton mikrofabrikation er det f.eks. muligt at 3D-printe optiske mikrorobotter med multifunktionelle, biofotoniske nanoprobere eller redskabs-spidsere med helt ned til 25 nanometers opløsning. Det



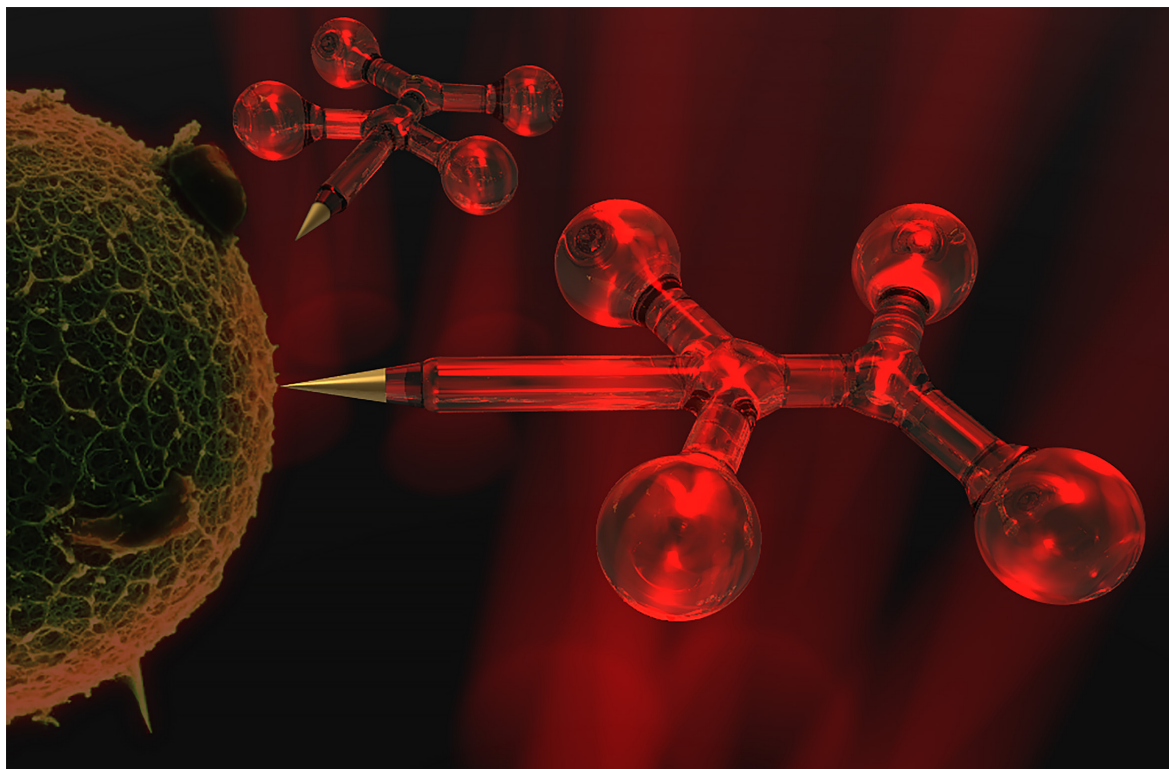
smarte ved denne fremgangsmåde er, at selvom man ønsker at probe på nanoskalaniveau, kan resten af robotstrukturen 3D-printes i en størrelse og en form, der tillader bekvem optisk lasermanipulation. I figur 1 er der f.eks. illustreret optiske mikroroboter, der hver er udstyret med fire 3D-printede "styrekugler" i mikrometerstørrelse, som hver især fastholdes og kan manipuleres med det røde laserlys. Herved skabes en droneagtig funktionalitet, hvor hver mikrorobot kan styres rundt i 3D og har en række uafhængige frihedsgrader i hver deres bevægelse. Ydermere er der det smarte, at man kan bruge almindelig optisk mikroskopi med et relativt stort "synsfelt" til at styre og observere de optiske mikroroboter, men samtidig bevare nanoskopisk funktionalitet via den "påmonterede" nanoprobe. Eksempler på forskelligt udformede optiske mikroroboter med prober kan ses i figur 2:

Den relativt store grundstruktur af de optiske mikroroboter, som ses i figur 2, medvirker endvidere til at mindske de såkaldte Brownske bevægelser, der får små objekter til at vibrere, og stabiliserer i det hele taget strukturen svarende til en solid pickuparm og dens tilhørende nål ved afspilning af en gammel vinylplade.

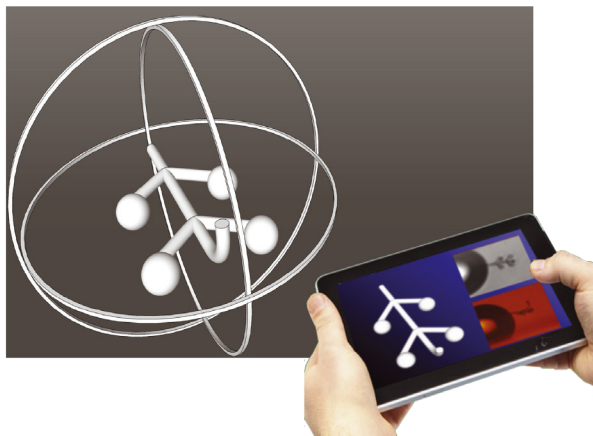
Laserstyrede optiske mikroroboter kan dermed fungere som "frit flydende" sonder til overvågning af processer in vivo og levere rumligt målrettede mekaniske, kemiske eller begge typer stimuli for udvikling og afprøvning af



Figur 2: 3D computermodeller af optiske mikroroboter ses i søjlen til venstre. Søjlen til højre viser de respektive resulterende 3D-printede resultater.

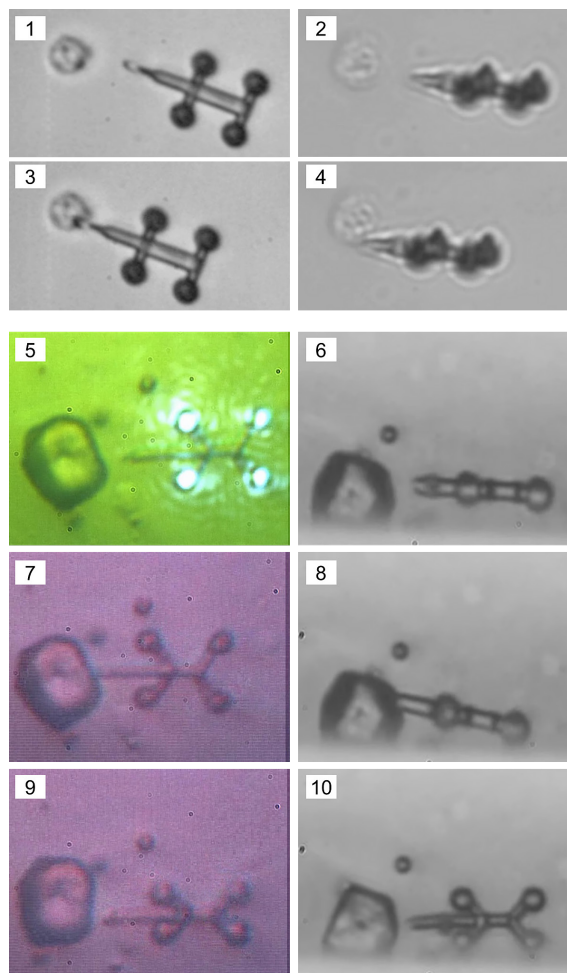


Figur 1: Illustration af optiske mikro-robotter der vekselvirker med en biologisk overflade



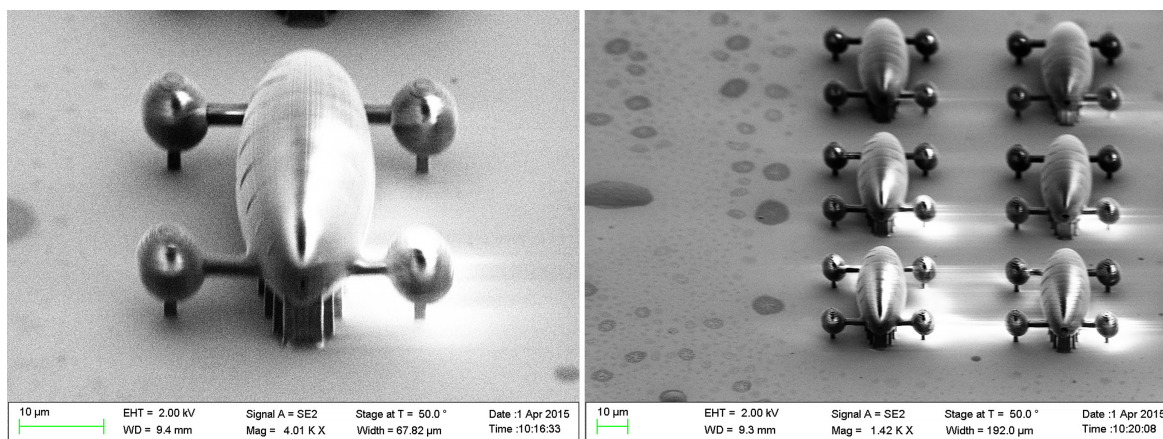
Figur 3: Ved hjælp af software og mikroskopi kan optiske mikroroboter laserstyres som droner.

biologiske modeller og cellulær opførsel. Sammen med de parallelle forskningsaktiviteter, der foregår inden for avancerede cellulære miljøer, kan optiske mikroroboter give dynamiske eksperimentelle stimuli, der ellers ikke er mulige at opnå i et fuldt 3D biomiljø. Som illustreret i figur 1 og figur 3 kan man forestille sig en mindre sværm af funktionaliserede robotværktøjer, der kan levere rum- og/eller tidsprogrammerede cellulære stimuli selv ved brug af bioaktive stoffer, som ellers ikke kan sameksistere i opløsning. Et robotværktøj kan f.eks. i princippet måle på receptorerne på en cellemembran og udnytte cellens signalnetværk til at indlede biokemiske processer inde i selve cellen. Selv uden kemisk funktionalisering kan robotværktøjerne stadig bruges til at levere programmerede mekaniske stimuli til at udforske de molekylære effekter, der f.eks. konverterer mekaniske signaler, opfanget af en cellemembran, til biokemiske svar længere inde i selve cellen. Eksempler på vores eksperimentelle muligheder i brugen af optiske mikroroboter, der kan bruges til at probe cellemembraner eller aktivere andre mikroskopiske objekter, kan ses i figur 4:



Figur 4: (1)-(4) viser en optisk mikro-robot der prøver en T-celle – filmet oven fra og fra siden. (5)-(10) viser mulighederne for at foretage opto-mekaniske operationer på et overflade-objekt.

Mulighederne er næsten uendelige, og med den seneste generation af vores optiske mikroroboter vil vi snart være i stand til at levere en lille last til injektion i celler på et præcist område (figur 5).



Figur 5: Seneste generation af optiske mikro-robotter der vil kunne levere en lille last til celler.

DTU Fotonik
Institut for Fotonik

Danmarks Tekniske Universitet
Ørstedes Plads
Building 343
2800 Kgs. Lyngby

